

关于城市水土流失研究中若干问题的探讨

王继增^{1,2}, 吴志峰^{1,2}, 朱立安^{1,2}, 程炯^{1,2}, 陈汉先³, 雷炯超³, 戴照福^{1,2}

(1. 广东省生态环境与土壤研究所, 广东 广州 510650; 2. 广东省农业环境综合治理重点实验室, 广东 广州 510650; 3. 广东省水利厅, 广东 广州 510150)

摘要: 根据近年来从事城市水土流失研究的实践和体会, 提出了目前在城市水土流失研究中值得商榷和急需澄清的 4 个理论问题。(1) 城市水土流失概念的界定; (2) 通用土壤流失方程式 (USLE) 在城市水土流失研究中的适用性; (3) 城市水土流失的强度分级; (4) 由开发建设项目所塑造的地貌形态的概化。并提出了自己的观点, 以期起到抛砖引玉的作用, 呼吁加强城市水土流失理论方面的研究。

关键词: 城市水土流失; 四个问题; 商榷

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2005)04-0106-05

中图分类号: S157; TU984

Several Problems in Research Works of Urban Soil and Water Loss

WANG Ji-zeng^{1,2}, WU Zhi-feng^{1,2}, ZHU Li-an^{1,2}, CHENG Jiong^{1,2}, CHEN Han-xian³, LEI Jiong-chao³, DAI Zhao-fu^{1,2}

(1. Guangdong Institute of Ecovenvironment Soil Sciences, Guangzhou 510650, Guangdong Province, China;

2. Guangdong Key Laboratory of Integrated Control of Agrorenvironment, Guangzhou 510650, Guangdong Province,

China; 3. The Water Conservancy Department of Guangdong Province, Guangzhou 510150, Guangdong Province, China)

Abstract: This article put forward four problems which are deserved to be discussed and clarified in research of urban soil and water loss. The first is that the concept of urban soil and water loss need urgently to be clarified; The second is the suitability that the universal soil loss equation when it is applied to researching urban soil and water loss; The third is that intensity classification of the urban soil and water loss; The fourth is that aspect and character of landforms shaped by constructing of the exploitation construction items. These questions are discussed theoretically, and individual unique viewpoints of the authors are put forward, appealing for strengthen theoretic study on urban soil and water loss.

Keywords: urban soil and water loss; four problems; discuss theoretically

众所周知,水土流失主要发生在农村山区,长期以来,人们无论是理论上的对水土流失规律的研究还是实践上对水土流失的防治都着眼于农村山区,很少把水土流失和城市联系起来。另一方面,人们在研究城市环境问题时,也甚少提及城市中的水土流失问题。这是由于我国在改革开放前,城市化水平低,城市中的水土流失量轻微,基本上在允许流失量以内,城市水土流失并不明显,并且造成的危害和损失较小,故未引起人们的重视。但改革开放后,城市化进程日益加快,城镇发展日新月异,特别是 20 世纪 90 年代,城市的各种开发建设和土地开发活动更是如火如荼。由于推山造地,大兴土木,造成动土量大,破坏植被及占压土地,而又忽视了水土保持工作,使得全国许多城市出现了令人触目惊心的高强度水土流失问题,造成了巨大的经济损失。本文根据笔者近年来从事城市水土流失研究的实践和体会,不揣浅陋,提

出了 4 个目前在城市水土流失研究中值得商榷和急需澄清的理论问题,与大家磋商,以期推动我国城市水土流失研究工作的不断发展。

1 城市水土流失概念的界定

1.1 城市水土流失问题的提出

1995 年 6 月原水利部水土保持司司长郭廷辅针对深圳经济特区在城市建设过程中引发的高强度的水土流失问题,经过实地考察和调查研究,写出了“关于深圳市水土流失问题的调查报告”。报告详细论述了深圳市水土流失的状况、成因和危害,并就如何防治提出了建议^[1]。

为此,水利部于 1995 年 8 月在深圳市召开了“部分沿海城市水土保持工作座谈会”,首次正式提出城市水土保持的概念,为全面开展城市水土保持工作提供了舆论上、理论上和工作上的准备。

收稿日期:2004-07-20

资助项目:广东省水利厅项目“广东省土壤侵蚀模数研究”(010211020203);广东省科技攻关项目(2003C34509)

作者简介:王继增(1963—),男(汉族),河北省人,博士,副研究员,研究方向为土壤侵蚀与水土保持,农业非点源污染及其控制。电话(020) 87024715, E-mail:jzwang@soil.gd.cn.

深圳会后,全国各地按水利部水土保持司的通知要求,对城市水土流失进行了一次调查。从调查结果看,城市水土流失不是个别现象,而是带有普通性的问题,不仅沿海城市有,内地城市也不同程度地存在;不仅大城市有,中小城市及乡镇开发建设过程中也会产生。为此,水利部于1996年11月在大连召开了全国城市水土保持工作会议。随后,水利部分别启动了全国第1批10个城市水土保持试点和第2批30个城市水土保持试点。

由此可见,城市水土流失问题的提出缘于城市水土流失问题的广泛性、特殊性和严重性。城市水土流失在成因、强度、危害及防治目的等方面都表现出与传统农村山区水土流失不同的新特点^[2],它是在我国经济社会持续发展和城市化进程中带有普遍性、全局性和关系子孙后代的新问题,是贯彻落实科学发展观以及全面实现小康的道路上水土保持工作面临的新课题,是水土保持科学的一个重要分支^[3]。

1.2 城市水土流失概念的界定

我国开展城市水土流失研究的时间不太长,对城市水土流失概念的解释尚未完全统一。唐克丽^[4]认为,城市水土流失是指在城市化进程中,人为活动引发的新的水土流失。其中,“引发”包含形成、诱发、激发等多种含义。“人为活动”指建设用地开发、采石、筑路、架桥、引水和排水设施及城市垃圾处理等。甘枝茂^[5]对城市土壤侵蚀的解释是:指在城市范围内的市区及郊区,因受各种作用,特别是人为活动的影响,所形成的泥土、沙粒、废渣等流失过程。柴宗新^[6]认为,城镇侵蚀是土地侵蚀的一个类型,指发生在城镇(含工厂)用地的侵蚀,其侵蚀的泥沙等固体物质对沟道、河谷和水利工程等淤积严重,并造成洪涝等二次灾害。概念是对事物本质属性的反映。综合分析以上及其它观点,城市水土流失与传统农村山区水土流失的差异主要体现在发生范围和影响因素两方面,一般而言,其它差异如侵蚀强度和危害程度上的差异等均由以上两方面差异引起。因此,可用城市水土流失发生范围和影响因素两方面的特点来概括城市水土流失的本质属性,即对其概念进行界定。

从城市水土流失发生的空间范围特点来看,甘枝茂指出其空间范围是城市范围内的市区和郊区;柴宗新指出其范围是城镇(含工厂)用地。但一般情况下,城市水土流失不是指整个城市行政区划范围内的水土流失(实际上,目前中国绝大多数建制市的行政区划范围既包括城市建成区,又包括范围更广大的农村),因为,这样会混淆城市水土流失与传统上的农村山区水土流失的差异,造成概念不清。

如果为了研究工作的方便,保留行政区的完整性,对整个城市行政区范围内的水土流失进行研究,项目命名可以写上具体的工作区域,例如“某某市的水土流失问题与对策”等^[7],然后可以将该市水土流失分为自然水土流失和人为水土流失,再对自然水土流失和人为水土流失进一步分类,而城市水土流失属于人为水土流失的范畴。这样,可以更深入了解各种水土流失的特点,探究各种水土流失的形成机理,更有效地因害设防。笔者认为,城市水土流失的空间范围可以界定为“城市建成区及其周边地区”。其中,周边地区大体上相当于城市郊区或城乡结合部。可见,“城郊水土保持”^[8-9]属于“城市水土保持”的范畴。城市周边地区的范围可以根据其产业类型、与城市中心区的经济联系、城市建设开发活动的影响程度、特别是城市侵蚀景观等大致确定。随着城市化的发展,城市水土流失的空间范围在不断扩大和延伸。另外,此处所指的城市是广义的城市,即包括建制镇在内。

从城市水土流失的影响因素特点来看,以上对城市水土流失的解释均强调了城市水土流失的人为性,唐克丽还列举了具体的人为活动。但影响城市水土流失的人为活动应是城市建设活动或与城市化进程相伴的人为活动。因此,城市水土流失属于人为水土流失,但不是人为水土流失的全部内容。另外,城市水土流失也与目前正成为研究热点的开发建设项目引起的水土流失或所谓的“工程侵蚀”不尽相同,只有那些由城市开发建设项目引起的水土流失才属于城市水土流失。

综上所述,城市水土流失是指在城市化进程中,发生在城市建成区及周边地区,由城市开发建设活动引发的新的人为水土流失。这样界定城市水土流失,一方面可以把城市水土流失与自然水土流失、工程侵蚀等区别开来(当然两者也有密切的联系),形成了城市水土流失特有的研究对象和研究内容,符合学科分类的原则,另一方面,也客观反映了目前城市水土流失问题突出的原因及其防治的现实需要。同时,明确城市水土流失概念,也是城市水土流失分类分级符合科学性、逻辑性的基本前提条件。

2 通用土壤流失方程式 USLE 在城市水土流失预测中的适用性问题

李锐等^[10]对美国土壤侵蚀预报模型——通用土壤流失方程式(USLE)的发展历程进行了详细的回顾和总结。通用土壤流失方程式是在美国农耕地的坡度条件下(方程中的坡度因子其所用资料的坡度范围为3%~18%^[11]),通过全国范围内大量的径流小

区实测资料,经过统计分析,最后得出的一个经验统计模型,主要用于估算某一区域、一定时期内的平均侵蚀量。称为“通用”是指在美国东部和中部通用。70年代来,该模型在世界上开始推广应用,特别是适用于大雨、暴雨在新生土壤上产生的侵蚀计算。但应用时有3个条件或限制:(1)必须有当地田间试验研究数据;(2)只能计算坡地土壤侵蚀,不能反映泥沙输移过程中的沉积状况;(3)不适用于对热带地区土壤、低强度降雨条件或融雪侵蚀的计算^[10]。因此应用 USLE 时,必须对每个因子的应用范围有清楚的了解,并根据实际情况对其加以修正^[11]。

该模型引入我国后,我国各地的水土保持研究工作者对该模型在其本地区的适用性都经历了若干年的校验,并确定了各自地区各因子相应的算法。但总体来讲,该模型比较适应自然水土流失的预测,而对于城市水土流失的预测,该模型能否适用,抑或适用情况如何,仍是一个值得水土保持研究工作者商榷的问题。在《开发建设项目水土保持技术规范》(SL204—98)以及《环境影响评价技术导则》中,在项目区水土流失预测的一节内容中对建设项目在施工期间可能造成水土流失量的预测,建议的第一个方法——数学模型法,就是类似于 USLE 方程结构的方法)。因为城市水土流失(主要是开发建设项目)的具体情况完全不同于自然水土流失,在某种程度上讲,开发建设项目在施工过程中,对地表的强烈扰动和破坏,实际上是一种人为的、剧烈的侵蚀地貌的重塑过程,在外部因素——人为强烈扰动下,可以说影响侵蚀的除降雨以外的所有因素均发生了变化,也即模型适用的边界条件均发生了相应的改变。譬如由于大规模的机械推填、碾压,土体受到了强烈地人为扰动,土体结构和地面组成物质均发生了强烈的改变,坡度和坡长也发生了剧烈的变化,地面所有的植被均遭到了破坏,而且这种破坏随着工程建设的进行一直在持续不断地进行过程中,而水土保持措施因子对于开发建设项目来讲,相对于工程进度,总是有一个较长的滞后时间,在这段滞后时间里,一般不会采取任何水土保持措施,所以综合以上分析来看,将类似于美国通用土壤流失方程式的数学模型能否用于开发建设项目的水土流失预测仍是一个值得探讨和商榷的问题。

3 城市水土流失的强度分级问题

3.1 强度分级研究现状

有关侵蚀强度分级的研究以水力侵蚀强度分级研究较多。从朱显谟先生的5级分类^[12],到黄秉维

先生多项指标分类,同期有美国农业部土地管理局的7项指标分类,前苏联依据浅沟密度、坡度等指标的4级分类^[13]等。水利部于1988年^[14],1997年^[15]先后2次拟定土壤侵蚀强度分级标准,其中1997年拟定的水力侵蚀等级为6级(表1)。

表1 SL190—96规定的土壤侵蚀强度分级标准

级别	平均侵蚀模数/ ($t \cdot km^{-2} \cdot a^{-1}$)	平均流失厚度/ ($mm \cdot a^{-1}$)
微度	< 200, 500, 1000	< 0.15, 0.37, 0.74
轻度	200, 500, 1 000 ~ 2 500	0.15, 0.37, 0.74 ~ 1.9
中度	2 500 ~ 5 000	1.9 ~ 3.7
强度	5 000 ~ 8 000	3.7 ~ 5.9
极强度	8 000 ~ 15 000	5.9 ~ 11.1
剧烈	> 15 000	> 11.1

但以上强度分级的研究主要针对由自然因素或农林牧活动的人为因素造成的水土流失等级判别,对土壤侵蚀强度的界定范围为年侵蚀模数 200 ~ 15 000 $t/(km^2 \cdot a)$,当年侵蚀模数超过 1.5 $t/(km^2 \cdot a)$ 时,就不能用此分级标准来判别^[16]。由于城市水土流失的特点之一是流失强度特别大,用 SL190—96 规定的水土流失强度分级标准已经很难诊断出城市水土流失强度的轻重等级^[16]。这好比是用一杆称量极限为 500 kg 的磅秤去称一头大象,根本称不出这头大象的重量。同理,SL190—96 规定的水土流失分级最大指标是 1.5 $\times 10^4 t/(km^2 \cdot a)$,超过这个指标的流失区,无论侵蚀强度有多大,统统都划在剧烈侵蚀区。鉴于此,1995年,深圳市水保工作者和南昌水利水电高等专科学校的专家学者等一起在对深圳市城市水土流失实地调查的基础上研究制订了深圳市城市水土流失强度分级标准,将城市水土流失强度分为3级,即较轻级、一般级和严重级(表2)^[16-17]。

表2 深圳市城市水土流失强度分级

等级	平均侵蚀模数/ ($t \cdot km^{-2} \cdot a^{-1}$)	平均侵蚀厚度/ ($mm \cdot a^{-1}$)
较轻级()	2 000 ~ 8 000	1.5 ~ 5.9
一般级()	8 000 ~ 20 000	5.9 ~ 14.8
严重级()	20 000 ~ 60 000	14.8 ~ 44.4

广东省水利水电科学研究所和广东省生态环境与土壤研究所等单位在对广东省珠海市水土流失调查的基础上制定了可以与传统水土流失强度分级标准相对照的较细致的珠海市城市水土流失强度分级(详见表3)^[18]。

表3 珠海市城市水土流失强度分级

等级	平均侵蚀模数/ ($t \cdot km^{-2} \cdot a^{-1}$)	平均侵蚀厚度/ ($mm \cdot a^{-1}$)
无明显侵蚀	< 500	< 0.15
轻度	500 ~ 2 500	0.15 ~ 1.90
中度	2 500 ~ 800	1.90 ~ 5.90
强度	8 000 ~ 20 000	5.90 ~ 15.00
极强度	20 000 ~ 80 000	15.00 ~ 59.00
剧烈	> 80 000	> 59

注: 资料来源于《珠海市水土流失调查报告》(广东省水利水电科学研究所, 广东省生态环境与土壤研究所, 中科院水土保持研究所, 1999年)。

3.2 目前研究中存在的问题

目前,对自然水土流失的类型和强度分级研究较多,并形成了统一的分类方法、分级指标和标准。城市水土流失问题只是近年来伴随着经济的快速发展日益凸显,水土保持研究工作者对此研究才日益重视起来,因而对城市水土流失类型和强度分级研究较少,尚未形成统一的分类方法、分级指标和标准。并且在已有的为数不多的研究中,城市水土流失的类型、强度分级与概念之间有相互矛盾、相互脱节的方面,如一方面,把城市水土流失概念界定为城市开发引起的人为水土流失,流失强度大,其强度分级采用3级诊断法(如表2);另一方面,对城市水土流失分类时又将其分为自然水土流失类型和人为水土流失类型。显然,自然水土流失类型采用这种3级强度分级是不太适合的。另外,目前城市水土流失强度分级多沿用深圳市城市水土流失的3级强度分级,有待完善。这是因为,其一,深圳市城市水土流失的3级强度分级是针对当时深圳市城市建设的特殊性引发的城市水土流失的特殊情况制定的,并且主要针对开发平土区,不一定适合于其它地区的城市水土流失情况,也不一定适合除开发平土区以外的其它城市水土流失类型;其二,该强度分级略嫌简单、粗糙,对城市水土保持的指导作用有待进一步提高。在此笔者强烈呼吁今后加强此方面的研究工作。

4 开发建设项目所塑造的地貌形态的概化问题

城市水土流失中很大一部分是由开发建设项目的开发造地引起的。综观几乎所有的开发建设项目,诸如开发区建设、修公路、采石取土(包括采矿)、水利水电工程等城市基础设施建设及开发建设活动,往往都是从开发造地开始。开发造地往往是将山地丘陵推平,俗称推山填谷,搞人造小平地或称堆积平台,由

此形成“两坡一面”,即开挖山体凌空斜坡(也称开挖边坡),堆积平台外缘松散斜坡(也称堆积边坡)和堆积平台堆积面(也称堆积平台)。撇开上述具体的开发建设类型,就开发后所形成的地貌形态来看,我们均可将其抽象概化为3种地貌类型,即开挖边坡、开发平台和堆积边坡。开挖边坡土体结构基本上未被破坏和扰动,为基岩风化土,土质紧实,侵蚀相对较小,以沟蚀为主,兼有面蚀;开发平台,经机械推平所成,土体结构稍有扰动和破坏,以击溅侵蚀和面蚀为主,因坡度一般不大,侵蚀相对较小;堆积边坡为机械推填所成,完全为新堆积的松散土,土体结构遭到完全破坏,因结构疏松,且坡度较大(一般为休止角,约为35°左右),因而侵蚀较大,主要以沟蚀为主,兼有面蚀。由“两坡一面”产生的侵蚀量是巨大的,特别是堆积平台外缘松散斜坡^[16]。据我们野外调查,堆积边坡的侵蚀模数最高可达几十万 $t/(km^2 \cdot a)$,是开发建设项目侵蚀和产沙的主要地貌类型。

“两坡一面”是开发建设项目在开发过程中人为塑造(主要是机械推填)的地貌形态,这种地貌形态为土壤侵蚀的发生发展准备了地貌形态上的有利条件。将其抽象概括并上升到一定的理论高度,使“两坡一面”真正具备了侵蚀地貌的内涵,才能使城市水土流失的研究以“两坡一面”为基本地貌研究单元,使城市水土流失的研究在某种程度上真正具有了“切入点”,诸如城市水土流失的调查、野外侵蚀模数的调查实测才能实现真正意义上的“有的放矢”。

5 结论

随着经济社会的快速发展和城市化进程的日益加快,近年来城市水土流失问题日益凸显,并日渐成为制约城市经济社会可持续发展的主要生态环境问题。随着我国水保工作重心的战略性转移——从单纯的水土流失治理向治理与预防和监督并重,今后将会有更多的水保工作者投入到城市水土流失的研究中。但作为水保的一个新的分支学科,首当其冲要解决的问题就是本分支学科理论体系的构建和一些基本理论问题的澄清。在此,笔者呼吁学界携起手来,加强城市水土流失及其理论方面的研究,使其作为水土保持新的分支学科日益成熟和完善。

[参考文献]

- [1] 郭廷辅. 城市化进程中必须重视水土保持工作[A]. 见: 水土保持的发展和展望[C]. 北京: 中国水利水电出版社, 1997. 256—261.

- [2] 万方秋,丘世钧,王继增.城市水土流失——一种新的城市环境问题[J].中山大学学报(自然科学版),2002,41(S2):174—175.
- [3] 郭廷辅.城市水土保持工作从何入手[J].中国水土保持,1997,17(1):6—7.
- [4] 唐克丽.城市水土流失和城市水土保持[J].水土保持通报,1997,17(2):封二.
- [5] 甘枝茂,孙虎,吴成基.论城市土壤侵蚀与城市水土保持问题[J].水土保持通报,1997,17(5):57—62.
- [6] 柴宗新.城镇侵蚀及其防治[J].中国水土保持,1997(1):29—32.
- [7] 宋桂琴.浅议城市水土流失[J].水土保持通报,1998,18(7):93—96.
- [8] 李成杰,许靖华,王占臣,等.城郊型流域水土保持生态环境建设优化模式设计初探[J].水土保持通报,2002,22(2):19—23.
- [9] 李慧卿,解明曙,张洪江,等.城郊水土保持效益分析研究[J].水土保持通报,1999,19(1):15—18.
- [10] 李锐,徐传早.美国水土流失预测预报与动态监测——赴美水土保持新技术考察报告摘录[J].水土保持研究,1998,5(2):119—123.
- [11] 符素华,刘宝元.土壤侵蚀量预报模型研究进展[J].地球科学进展,2002,17(1):78—82.
- [12] 朱显谟.泾河流域土壤侵蚀情况及区划[J].中科院西北土壤研究所专刊,1955,28,67—89.
- [13] (苏)科兹缅科.土壤侵蚀的防止[M].北京:科学出版社,1965.33—35.
- [14] 中华人民共和国水利电力部.水土保持技术规范[Z].北京:中国水利水电出版社,1986.10—12.
- [15] 中华人民共和国水利部.土壤侵蚀分类分级标准(SL190—96)[S].北京:中国水利水电出版社,1997.9—10.
- [16] 陈法杨.城市水土流失强度分级标准商榷[J].中国水土保持,1997(3):30—36.
- [17] 陈冬奕,杨德生,肖卫国,等.应用 SPOT 遥感数据调查深圳市水土流失现状[J].人民珠江,2001(5):55—57.
- [18] 广东省水利水电科学研究所,等.珠海市水土流失调查报告[R].1999.27—28.

(上接第 96 页)

3.5 天然林面积大幅度减少

1958—1980年,下游三角洲地区的胡杨、沙枣和柽柳等面积减少了 $5.73 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 年均减少约 $2.6 \times 10^3 \text{ hm}^2$ 。另据航片和 80 年代的 TM 摄像资料判读,80 年代至 1994 年,植被覆盖率大于 70% 的林地面积减少了 $1.92 \times 10^5 \text{ hm}^2$, 年均减少 $1.40 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。胡杨林面积由 50 年代的 $5.00 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 减少到现在的 $2.27 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。现存的天然乔木林以疏林和散生木为主,林木中成、幼林比例失调,病腐残林多,生存力极差。湖盆区的梭梭林也呈现出残株斑点的沙漠化现象。

3.6 草地严重退化

自 20 世纪 80 年代以来,黑河下游三角洲地区植被覆盖率大于 70% 的林灌草甸草地减少了约 78%, 覆盖度介于 30%~70% 的湖盆、低地、沼泽草甸草地及产量较高的 4、5 级草地减少了约 40%; 覆盖度小于 30% 的荒漠草地和戈壁、沙漠面积却增加了 68%。草本植物种类大幅度减少,草地植物群落由原来的湿生、中生草甸草地群落向荒漠草地群落演替。

3.7 土地沙漠化和沙城暴危害加剧

根据 20 世纪 60 年代初的航片和 80 年代的 TM 摄像资料判读,下游额济纳旗植被覆盖率小于 10% 的戈壁、沙漠面积大约增加了 462 km^2 , 平均每年增加 23.1 km^2 。随着土地沙漠化面积增加,沙尘暴危

害加剧。以 1993 年 5 月 5 日发生在我国西北地区的特大沙尘暴为例,阿拉善地区即为重要沙源之一,在受其严重影响的新疆东部,甘肃省河西走廊地区,宁夏回族自治区大部,内蒙古西部地区,农作物受灾 $3.67 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 死亡 85 人,伤 264 人,死亡牲畜 1.20×10^6 头,部分公路、铁路运输中断,经济损失达 5.50×10^8 元。据近几年北方地区发生沙尘天气来源分析结果,阿拉善地区是重要沙源之一。据卫星遥感探测,影响范围涉及我国西北、华北、东北、甚至华东等地区,总面积约 $2.00 \times 10^6 \text{ km}^2$ 。

造成上述生态问题的原因是多方面的,但其根本原因是水资源问题,特别是中游地区农田灌溉事业的发展,水土资源的过度开发导致了黑河中游农业耗水量的急剧增加,农业灌溉用水大量挤占了生态用水,是黑河下游生态环境恶化的根源之一。黑河流域当前实施的节约用水和合理分配水资源,是保护黑河流域生态环境的根本性措施之一。

[参 考 文 献]

- [1] 中华人民共和国水利部.黑河流域近期治理规划[R].北京:中华人民共和国水利部.2001年8月.
- [2] 高前兆,李福兴.黑河流域水资源治理开发利用[M].兰州:甘肃科学技术出版社,1988.1—10.
- [3] 任建华,李万寿,张婕.黑河干流中游地区耗水量变化的历史分析[J].人民黄河,2002,24(9):27—29.